アプリケーションノート

SN76489
サウンドジェネレーションコントローラの使い方

日本テキサスインスツルメンツ

目　　　次

1 概　要

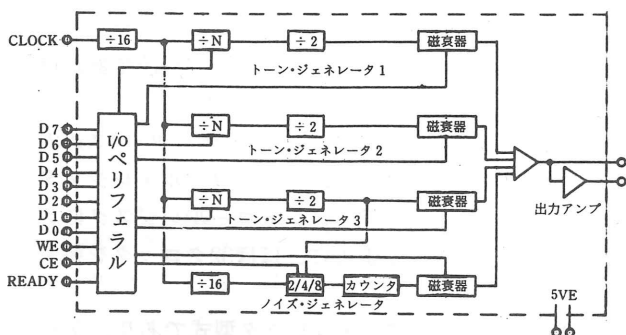
SGC(SOUND GENERATION CONTROLLER)SN76489はI^2L/バイポーラ、ICプロセスで製造された低価格のトーン、ノイズ発生器でマイクロコンピュータシステムに最適であり、データバスベースのI/O周辺デバイスとして開発されたものである。

標準的なCPUと簡単な周辺ロジックをそなえることにより、ミュージックの演奏や擬音の発生を行なわせることができる。

従来のアナログ回路による方式と比較した場合、ハード構成が大幅に簡略化でき、ソフトウエアでの管理が可能なため、サウンドパターンを開発するごとにROM等にプログラムしておく事により、サウンドファイルの切替えやサイクリックな動作が容易に得られ、自動演奏マシン、電子応用製品の効果音(例ゲームマシーンなど）発生器などが応用として上げられる。

2 特　長

- 8ビット並列データバスによりプログラム可能な3個のトーン発生器を内蔵している。
- 8ビット並列データバスにより可能な1個のノイズ発生器を内蔵している。
- 8ビット並列データバスによりプログラム可能な減衰器を内蔵している。
- 3.579MHzのリファレンスクロックを使用する。
- 同時に音を出力することができる。（3和音）

3 ブロック図

4 動作説明

4-1) トーンジェネレータ

各トーンジェネレータは、周波数設定部（プログラマブル・カウンタ）及びレベル設定部（プログラマブルアッテネータ）より構成される。

周波数設定部はF_0（MSB：最上位ビット）〜F_9（LSB：最下位ビット）の10bitで構成される基本クロックは分週回路により1/16に分周され、10段のトーンカウンタへ供給される。次段にフリップフロップが接続されていることにより希望周波数の2倍値×16をトーンカウンタに設定する。

周波数設定算出方法

$$f = \frac{N}{32n} \quad \text{〔Hz〕}$$

ここで、N＝基本クロック周波数〔Hz〕

n＝10bitの2進値

フリップ、フロップの出力は4bitで設定するアッテネータへ送られる。このアッテネータの値は下表に示す様にデータのdit内容で与えられ各bitを複合使用することにより、0〔dB〕からOFFまで16ステップの音量設定ができる。

表-1　アッテネーションコントロール

bit ポジション				減衰量〔dB〕	
A0	A1	A2	A3	SN76489	SN76489A
0	0	0	1	2	2
0	0	1	0	4	4
0	1	0	0	7	8
1	0	0	0	12.5	16
1	1	1	1	OFF	

（標準値を示す）

4-2) ノイズジェネレータ

ノイズジェネレータは、ノイズソースとアッテネータより構成される。ノイズソースはEX-ORフィードバックネットワーク付のシフトレジスタである。フィードバッグはシフトレジスタがゼロになった時にロックしない様になっており、ノイズコントロールレジスタが変更されるたびにシフトレジスタはクリアされる。

表-2　ノイズフィードバックコントロール

FB	ノイズモード
0	周期ノイズ
1	ホワイトノイズ

ノイズコントロール・レジスタを切替えた時はシフトレジスタはクリアされるシフトレジスタは、2つのNF・bitで決まる4種のうちの1の割合でシフトされる。シフトレイトは基本クロックに依存する。

表-3　ノイズジェネレータ周波数コントロール

NF_0	NF_1	シフトレイト
0	0	N/512
0	1	N/1024
1	0	N/2048
1	1	トーンジェネレータ#3出力

ノイズソース出力のアッテネータは、トーンジェネレータのアッテネータと同様に使用できる。

4-3) オーディオサマー/出力バッファ

オーディオサマーはオペアンプのサミングアンプである。この回路は、3個のトーンジェネレータ出力、ノイズジェネレータ出力と外部オーディオ入力を合成する。出力バッファーはAC結合で出力する。

4-4) CPUとのインターフェイス

S.G.C.とのインターフェイスは、8bitデータネインと3種のコントロールライン($\overline{WE}$, $\overline{CE}$, READY)で接続する。各々のトーンジェネレータは周波数設定データに10bit、アッテネーション設定データに4bitを必要とする。周波数の更新は2バイト転送で、アッテネーションの更新は1バイト転送を必要とする。

任意のトーンジェネレータ（他のコントロール・レジスタはアクセスしないものとする）は最初に送られてくるバイトでは周波数とレジスタデータ、2ndバイトの周波数データの両バイトにより、データがインプットされる。そのレジスタアドレスは、チップ上にラッチされ同様にデータも入力される。アッテネータも同様であるが、1バイトのみでレジスタ及びアッテネーションを入力する。

4-5) コントロールレジスタ

SN76489は、8ヶの内部レジスタを有し、3個のトーンジェネレータとノイズソースをコントロールするのに用いられている。データがS.G.C.へ送られている間、ファースト・バイトの3ビットのフィールドで割当てるコントロール・レジスタの位置を決める。このレジスタ・アドレスは表-4による。

表-4　レジスタ・アドレスフィールド

R_0	R_1	R_2	コントロールレジスタ割当
0	0	0	TONE 1　周波数
0	0	1	TONE 1　アッテネーション
0	1	0	TONE 2　周波数
0	1	1	TONE 2　アッテネーション
1	0	0	TONE 3　周波数
1	0	1	TONE 3　アッテネーション
1	1	0	ノイズコントロール
1	1	1	ノイズアッテネーション

4-6) データフォーマット

転送データのフォーマットは下記による。

周波数（2バイト転送）

	REG ADDR			DATA			
1	R_0	R_1	R_2	F_6	F_7	F_8	F_9

bit 0　　第1バイト　　bit 7

	REG ADDR			DATA			
0	X	F_0	F_1	F_2	F_3	F_4	F_5

bit 0　　第2バイト　　bit 7

ノイズソース（1バイト転送）

	REG ADDR					SHIFT	
1	R_0	R_1	R_2	X	FB	NF_0	NF_1

bit 0　　bit 7

アッテネータ（1バイト転送）

	REG ADDR			DATA			
1	R_0	R_1	R_2	A_0	A_1	A_2	A_3

bit 0　　bit 7

D_0　D_7
(注) bit 0～bit 7
(MSB)(LSB)

4-7) データ転送

$\overline{CE}$に真値（LOW）を与えることによりマイクロプロセッサがS.G.C.をセレクトして、Highであればデータ転送も行なわれない。

$\overline{CE}$がLOWの時、$\overline{WE}$信号によりデータ・バスの内容が有効となり、データがコントロール・レジスタに入力される。この時、コントロールレジスタにデータがロードされるまでに、ほぼ32クロックを要する。

READYはオープン・コレクタ型式であり、データ転送の際マイクロプロセッサとの同期に用いる。

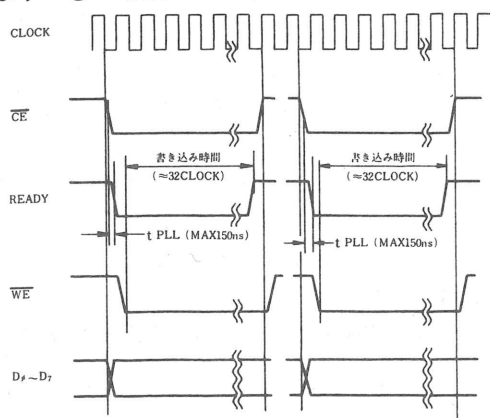
又、READYはCEのネガティブエッジを検出してから約90nsec（MAX.150nsec）ほどでLOWになりデータ転送が完了した時外部でプルアップに置くことによりHighに解除される。

（※$\overline{CE}$がLで$\overline{WE}$がHの場合は、READYはLになったままになり、$\overline{WE}$がLでは32CLOCK目でREADYはHとなる）

図-1　データ転送タイミング

4-8）ピン割当て

信　号　名	ピンNo.	I/O	機　　能
$\overline{CE}$	6	IN	チップ・イネーブル、アクティブ（LOW）の時、CPUよりデータが転送されることを示す。
D_0（MSB） D_1 D_2 D_3 D_4 D_5 D_6 D_7（LSB）	3 2 1 15 13 12 11 10	IN IN IN IN IN IN IN IN	D_0～D_7 入力データ・バスで、S.G.C.のコントロールデータを入力する。
Vcc	16	IN	電源（5V±0.5V）
GND	8	OUT	GND
CLOCK	14	IN	基本クロック　DC～4MHz（TYP3.579MHz）
$\overline{WE}$	5	IN	ライト・イネーブル、アクティブ（LOW）の時、CPUよりSGCへ転送されるデータが有効になることを示す。
READY	4	OUT	HIGHの時、データを読み終えたことを意味し、LOWの時はデータを読み込み中なのでCPUなど外部ロジックを待ち状態にするのに用いる。
AUDIO IN	9	IN	オーディオシグナル入力
AUDIO OUT	7	OUT	オーディオシグナル出力

5 音の要素とSN76489との対応

5-1）音の要素

現在の自然界に存在する音について考えてみると、まず音の高さが要素のひとつで、更に音の大きさ、音色、それに音の鳴り方といったものがある。つまり

1）音の高低（周波数）
2）音色（倍音構成）
3）音の強弱（音圧としての強弱）
4）音の鳴り方（エンベロープ）

5-1-1 音の高低

我々が聴くことが可能な周波数は個人差はあるものの、約20～30Hzから16000～20000Hzと言われているが、音としての構成は、他の2要素に依存するものが大きい。

5-1-2 音色

音のとらえ方として、“明るい（暗い）音”とか“柔かい（堅い）音”といった抽象的な言葉を使うがすべて音色の違いであり、音の波形の違いで生まれる。

5-1-3 音の強弱

一般的に連続量のレベルが大きいか小さいかであるが、2種以上の周波数をMIXする際にはかなり重要な要素となる。

5-1-4 音の鳴り方

その音を特色づけるものとして、波形的にはかなり近いものであっても、特徴づけるためには更に音量の時間的変化、つまり鳴り出した瞬間から消えて行くまで、すなわち立ち上りから減衰までの鳴り方で重要な要素となる。この振幅の時間的な変化のほう絡線を、エンベロープと呼ばれる。更にこの音の鳴り方によって、倍音構成及びその基本周波数の変化も行なえる。但しこれは振幅との関連性が大きい。

5-2）音の要素とSGCとの対応

音の要素	物理的要素	SN76489への対応
音の高低	周　波　数	●（4-1項）トーンジェネレータ周波数設定部及び（4-2項）ノイズジェネレータ周波数コントロール
音　　色	倍音構成	●主に波形的なものであるがSN76489はデューティ50%のパルス波形のみであり3周波数を出力できることよりATTコントロールとの併用で倍音構成のコントロールが可能
音の強弱	振　　幅	●3トーンとノイズジェネレータには各々（4-1項）（4-2項）の様に4ビットでアッテネーションをコントロール可能
音の鳴り方	エンベロープ	各々アッテネーションを外部データによりコントロールする事で実現できる。 ●ATTコントロールについては各々のステップで4 bit DATAによりエンベロープのシーケンスコントロールを行う範囲において可能。 ●周波数については（4-1項）f＝N/32n、（4-2項）ノイズ、周波数成分コントロールする範囲において可能。

5-2-1 周波数の設定

TONE 1、2、3に関して

例として、TONE 1に関して、400Hzを出力させるためには（但しこの場合、クロック周波数を3.579545MHzとする）

a）n＝クロック/(32(TONE))　（440Hzは音楽では中央の㋶になる）

　＝3579545Hz/(32(440))

　＝254.22904　　　　となる。

ここで、nについては、10bitの整数で分周比を指定するものであり、この場合は、n＝254となる。

※n＝クロック/(32(TONE))

TONE＝3579545Hz/(32×254)

TONE≒440.4　　　　となる。

ここで、セント誤差△Cは、下記の式で求まる。

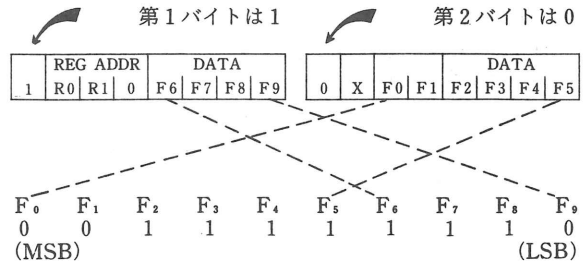
$$\triangle C=\frac{f-f'}{(1-\sqrt[1200]{2})\ f}$$

f　：真の周波数

f′：出力周波数

440Hzに対する440.4Hzは

$$\triangle C=\frac{440-440.4}{(1-\sqrt[1200]{2})\ 440}=0.101552$$ となる

b）nに対する10bitバイナリーナンバー

REG、ADDRは（4-5項）より、TONE 1とするならば、$R_0=0$　$R_1=0$　となる。

c）平均律のときの音程と分周比

次表により示す。

表-5　十二平均律のときの音程と分周比の関係

(Clock：3.579545MHz)

音程	分周比	SGC出力 (Hz)	実際の周波数 (Hz)
A_2	1016	110.10	110.00
$A\#_2$	959	116.64	116.54
B_3	905	123.60	123.47
C_3	854	130.98	130.81
$C\#_3$	806	138.79	138.59
D_3	762	146.80	146.83
$D\#_3$	718	155.79	155.56
E_3	678	164.99	164.81
F_3	640	174.78	174.61
$F\#_3$	604	185.20	185.00
G_3	570	196.25	196.00
$G\#_3$	538	207.92	207.65
A_3	508	220.20	220.00
$A\#_3$	479	233.53	233.08
B_3	452	247.48	246.94
C_4	427	261.97	261.63
$C\#_4$	403	277.57	277.18
D_4	381	293.60	293.66
$D\#_4$	359	311.59	311.13
E_4	339	329.97	329.63
F_4	320	347.57	349.23
$F\#_4$	302	370.40	369.99
G_4	285	392.49	392.00
$G\#_4$	269	415.84	415.30
A_4	254	440.40	440.00
$A\#_4$	240	466.09	466.16
B_4	226	494.96	493.88

音程	分周比	SGC出力 (Hz)	実際の周波数 (Hz)
C_5	214	522.71	523.25
$C\#_5$	202	553.77	554.37
D_5	190	588.74	587.33
$D\#_5$	180	621.45	622.25
E_5	170	658.00	659.26
F_5	160	699.13	698.46
$F\#_5$	151	740.80	739.99
G_5	143	782.24	783.99
$G\#_5$	135	828.60	830.61
A_5	127	880.79	880.00
$A\#_5$	120	932.17	932.33
B_5	113	989.92	987.77
C_6	107	1045.4	1046.5
$C\#_6$	101	1107.5	1108.7
D_6	95	1177.5	1174.7
$D\#_6$	90	1242.9	1244.5
E_6	85	1316.0	1318.5
F_6	80	1398.3	1396.5
$F\#_6$	75	1491.5	1480.0
G_6	71	1575.5	1568.0
$G\#_6$	67	1669.6	1661.2
A_6	63	1775.6	1760.0
$A\#_6$	60	1864.3	1864.7
B_6	57	1962.5	1975.7

※この表ではクロックが3.579545MHzの時の周波数を記入。従ってAUDIO出力周波数は、4-1項より

$$f=\frac{3579545}{32\cdot 1},\qquad f=\frac{3579545}{32\,(10\mathrm{bit})}$$

か最低周波数となる。尚、最低周波数をもっと低いものが必要な場合はクロック周波数を下げることで可能となる。

※この表では440Hzをコンサートピッチとして計算。

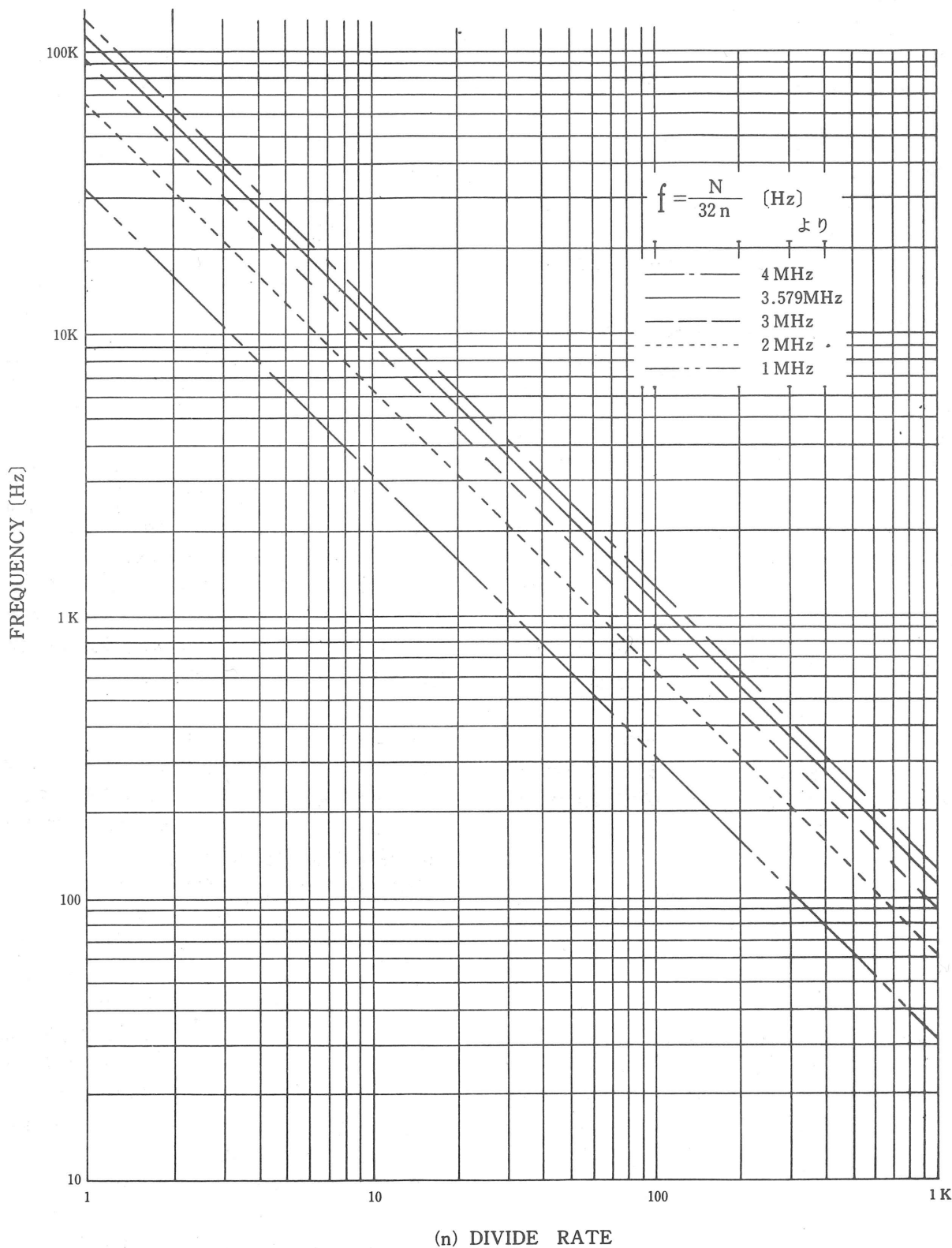



図-2　出力周波数対分周比（n）

5-2-2 倍音構成

a）各TONEには、それぞれアッテネーションコントロールができるために、デューティ50%の単音のみでなく、各々周波数及びアッテネーションコントロールすることにより、その範囲内においてミックス可能である。

※　その他の例——矩形波は下図の様な倍音構成となっていることより、AUDIO出力に可変できるフィルターを構成することにより、矩形波のスペクトラムコントロールも可能となる。

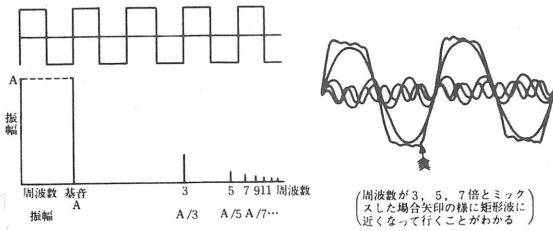
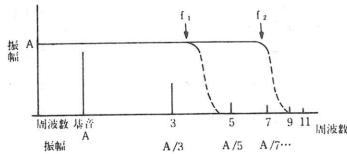



図-3

つまり、この高調波を外部ブロックコントロールする事によりバリエーションが増加する。

図-4

f_1，f_2等を可変する事により上記の様なスペクトラム周波数をコントロールすることが可能である。但し基音の周波数が移動する場合は、それとマッチする様周波数特性も可変する必要がある。

b）ノイズブロックの倍音構成は

	REG ADDR					SHIFT	
1	1	1	0	X	FB	NF0	NF1

※N/512～N/2048は3種の個定ノイズ成分であるが、NF0＝“1” NF1＝“1”でTONE3の周波数変化に応じたノイズ成分のコントロールができ、エフェクトサウンドに威力を発揮する。FB＝0では同期ノイズが同様にできる。

5-2-3 振幅（強弱）

※MSB

	REG ADDR			DATE			
1	R0	R1	R2	A0	A1	A2	A3

アッテネーション レジスターコード

R_0	R_1	R_2	
0	0	1	TONE 1
0	1	1	TONE 2
1	0	1	TONE 3
1	1	1	NOISE

SN76489N	SN76489AN	A_0	A_1	A_2	A_3	SN76489N	SN76489AN	A_0	A_1	A_2	A_3
0	0	0	0	0	0	12.5	16	1	0	0	0
2	2	0	0	0	1	14.5	18	1	0	0	1
4	4	0	0	1	0	16.5	20	1	0	1	0
6	6	0	0	1	1	18.5	22	1	0	1	1
7	8	0	1	0	0	19.5	24	1	1	0	0
9	10	0	1	0	1	21.5	26	1	1	0	1
11	12	0	1	1	0	23.5	28	1	1	1	0
13	14	0	1	1	1	OFF		1	1	1	1

（※アッテネーションは標準値を示す）

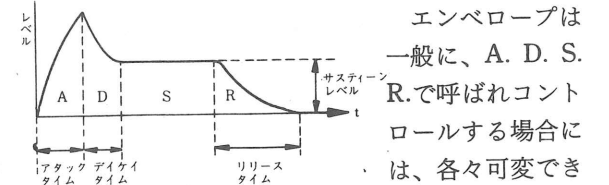
レジスタアドレスとアッテネーションデータにより各ブロックのアッテネーションコントロールが実現できる。尚、アッテネーション設定後音の継続時間に応じて、次のデータを設定すること。

5-2-4 エンベロープのコントロール

時間的にアッテネーションをコントロールする事で、時間的音量変化のコントロールを実現することができる。ここではいろいろなエンベロープを考え、SN76489との対応を説明したい。

SN76489でのエンベロープコントロールはエフェクターサウンドに対して威力を発揮する事ができる。

図-5

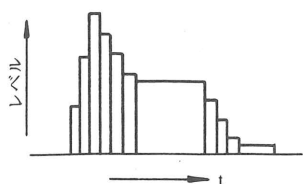
エンベロープは一般に、A. D. S. R.で呼ばれコントロールする場合には、各々可変できる事が必要である。

A：音の立上がりからピークになるまでの時間を（ATTACK TIME）

D：ピークから保持レベルまでの時間を（DECAY TIME）

S：保持レベルを（SUSTAIN LEVEL）

R：保持レベルから圧が0になる時間を（RELEASE TIME）

エンベロープによる、SN76489のコントロールは次の取扱いにより実現可能となる。

図-6

4 bitデータでコントロールする事より変化するレベルが早いほど短い時間内に、DATAを入力する必要があり変化がない部分については、そのレベルで持続することで可能となる。

エンベロープの発生回路として、2通りの方法が考えられる。

①標準的なものを、ROMに拡納しシーケンスコントロールを実施する。

②アナログ回路で構成しそのレベルをA/Dコンバータで4ビットに変換する。

(但し、OFF時のコントロールを確実に行う)

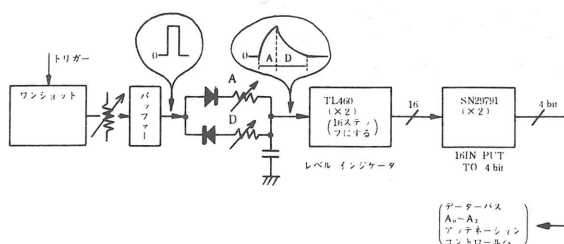



図-7 A(アタック), D(ディケイ)のみ
コントロールする場合の一例

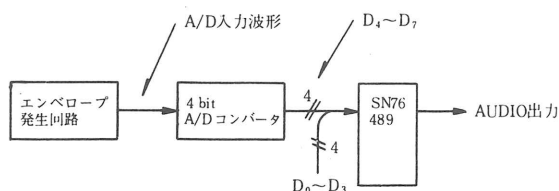
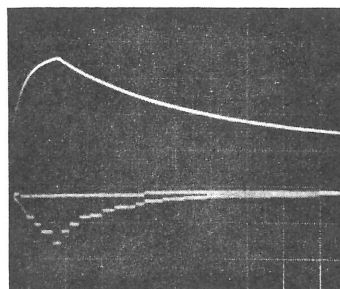
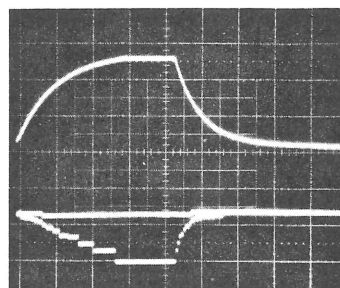



図-8 波形観察ブロック

※1 ここで注意しなければならないことは、各アッテネーションはLogステップであるのに対して、A/Dコンバータは、LINEARステップであるため入出力のエンベロープの変化率が異る。

※2 出力波形は、デューティ50%の矩形波のためCRT面上においては、エンベロープのみ観察となる。出力レベルが負方向の向きとなっているのは、(Vcc−1.2V) 程度を基準に下がって行く、(SN76489Nの例) 通常は、コンデンサカップリングで接続する。

A/Dコンバータ入力波形

AUDIO出力 ※1
(OdB〜OFFまで16ステップのアッテネーション変化が観察できる)

A/Dコンバータ入力波形

AUDIO出力 ※1

名種波形によるコントロール例

AUDIO出力 ※1

A/D入力

AUDIO出力 ※1

A/D入力

AUDIO出力 ※1

A/D入力

AUDIO出力　※1

A/D出力

AUDIO出力　※1

A/D入力

AUDIO出力　※1

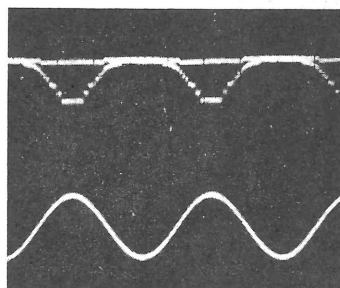
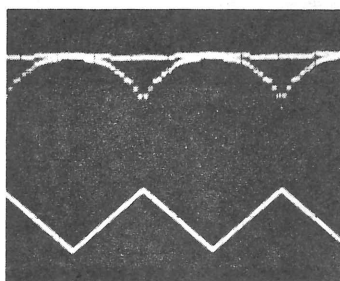
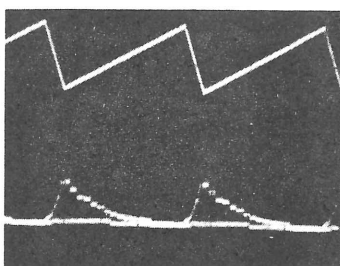
A/D入力

AUDIO出力　※1

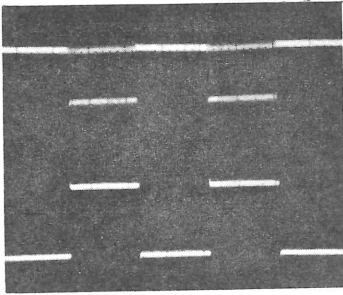
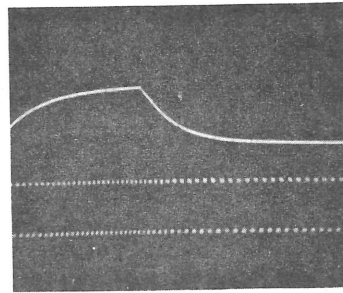
A/D入力

ここまでは、アッテネーションについて主体であったが、もう一点周波数的にモジュレーションを行う方法も考えられる。

周波数は前述の様に10bitで設定されるがモジュレーションを行う場合として、LSB側のbitを加減する事により、FMが実現できる。又、上記のエンベロープ項の様に、それに応じて周波数的にもモジュレーションの深さを変化させることにより、バリエーションを拡大する事が可能になる。

周波数設定第1バイト

	REG ADDR			DATA			
1	R0	R1	0	F6	F7	F8	F9 LSB

F_0〜F_6, F_7, F_8, F_9
(LSB)

図-9

A/Dコンバータ入力

出力レベル一定で周波数の変化を観察

※前述のアッチネーションコントロール信号を、周波数データとして利用して測定。

6 DATAコントロールタイミング例

SN76489								
NOISE		TONE ＃3		TONE ＃2		TONE ＃1		
アッテネーション バイト	シフトレジスター コントロール	アッテネーション バイト	周波数 バイト	アッテネーション バイト	周波数 バイト	アッテネーション バイト	周波数 バイト	
								●源投入
OFF		OFF		OFF		OFF		●各ATTをOFFにする。
						セット OFF	1 st 2 nd	●＃1のみt時間AdB出力する場合（例1）
				セット1 セット2 セット3 セット4 セット5(OFF)	1 st 2 nd			●＃2のみf HZ固定でエンベロープをコントロールする場合（例2）
セット セット(OFF)			1 st 2 nd	セット セット(OFF)	1 st 2 nd	セット セット(OFF)	1 st 2 nd	●＃1，2，3をt時間のみ和音を出す場合（例3）
			※スタート時の周波数をセットしておく	セット1 セット2 セット3 セット(OFF)	1 st 2 nd	セット1 セット2 セット3 セット(OFF)	1 st 2 nd	●＃1，2をt時間のみエンベロープコントロールする場合（例4）
セット1 セット(OFF)	シフトレジスタセット	※＃3の音の出力は不要なので、ATTはOFFのまま	1 st 2 nd					●NOISEをアッテネーション固定のまま、TONE＃3でシフトレジスタのブロックを可変にする場合（例5）

データコントロール　タイミングの流れ
（は外部のプロセッサによりコントロールするもの）

[7]データ入力及び補足事項

7-1）ソフト開発に関する留意点

a）電源を投入すると全ブロックのサウンドが不定の状態になるため、第一段階として全ブロックのアッテネーションをOFFにするデータをINPUTする必要がある。

b）アッテネーションをエンベロープコントロールする以外にON－OFF的なコントロールする場合はレベルと継続時間をプログラムによりコントロールする必要がある。

7-2）楽譜をインプットする場合

a）テンポはソフト開発担当側で任意に決定し時間コントロールが必要になる。

b）音域を広げたい場合は、クロック周波数を変更することにより低域まで出力することができる。（上限は、4 MHzとする）

c）3音以上の出力を必要とする場合は、データバスを共通にし、カスケードをしてコントロールラインを選択する事により実現できる。

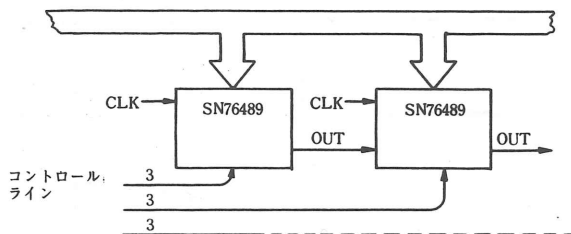
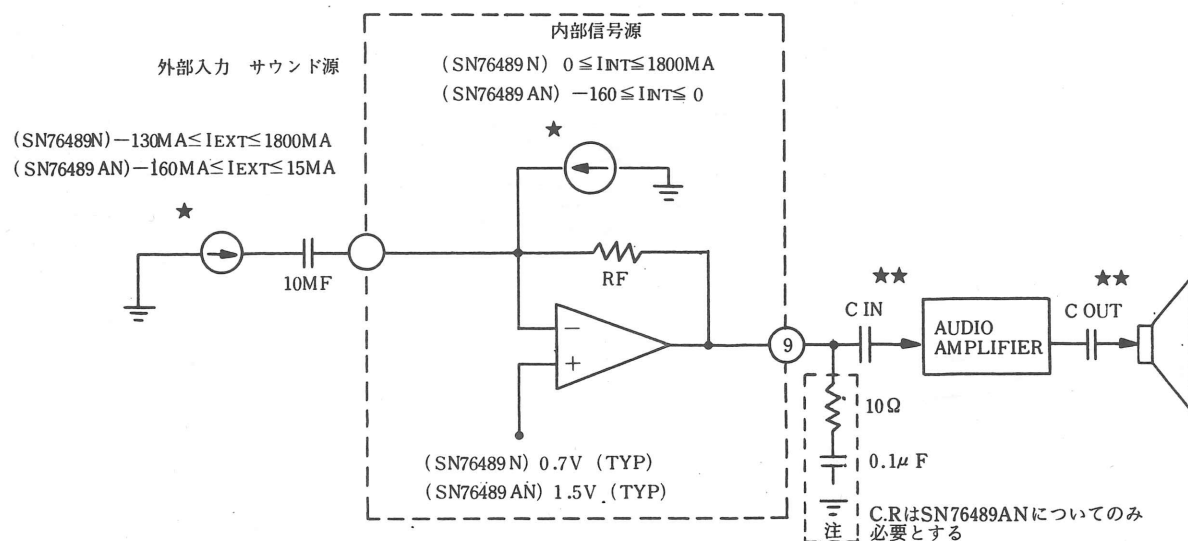



図-10

1バイトデータの書込みに、約32Clockを要するために、聴感上での各サウンドの立上りがその分遅れるが、人の耳で認識できる音のづれは、10msec付近までは無視できると一般的に言われている。

7-3）READYの取扱い

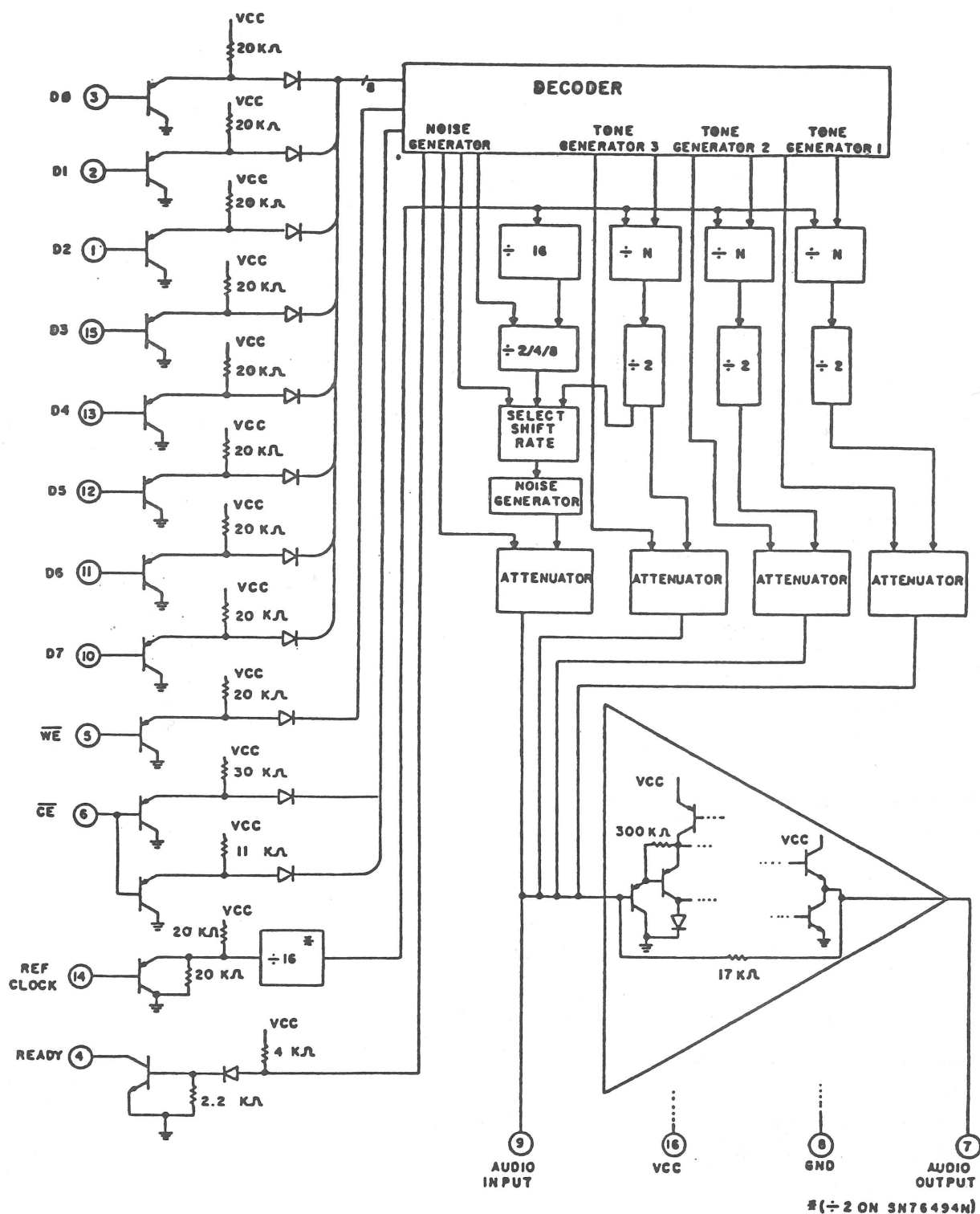
READYはデータが書込まれる時間、外部でデータを保持するためのものであるが、CPUによっては、クロック等で同期を取る必要があり、開発の際には検討を必要とする。

[8]外部オーディオ入力との接続（SN76489N/SN76489ANとの相異点）

★ { －160μA≦(IEXT＋IINT)≦＋　15μA←SN76489N / －130μA≦(IEXT＋IINT)≦＋1800μA←SN76489AN } 1 ブロックのサウンドは、0〔dB〕アッテネーションにおいて

{ IINT＝－　40μA/TONE (NOISE)←SN76489N / IINT＝－160μA/TONE (NOISE)←SN76489AN } 最小値

★★ この容量は周波数特性の希望する値に設定のこと

Rf：SN76489Nは、R＝1.44KΩ，SN76489ANは、R＝17KΩ

9 内部回路

SN76489A

10 電気特性

Electrical Characteristics over recommended operating conditions (unless otherwise noted)

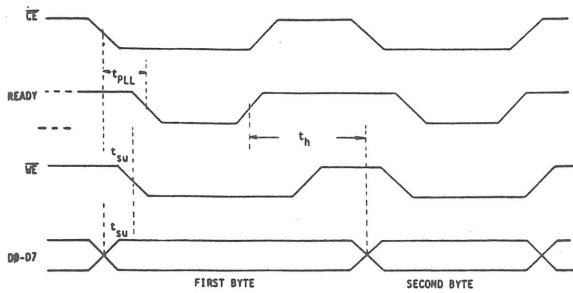
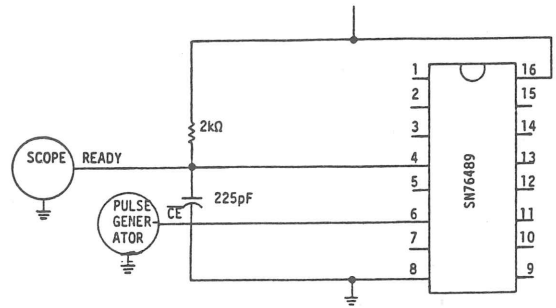
PARAMETER		TEST CONDITION		SN76489N MIN	SN76489N TYP	SN76489N MAX	SN76489AN MIN	SN76489AN TYP	SN76489AN MAX	UNITS
I_I	Input Current	V_{IN}=GND to Vcc	$\overline{CE}$		−25	−175		−25	−175	μA
			D_0 -D_7, $\overline{WE}$, CLK		−10	−70		−10	−70	μA
V_{OL}	Low Level Output Voltage	I_{OUT}= 2 mA	READY		.25	.4		.25	.4	Volts
I_{CC}	Supply Current	Outputs Open			50	70		30	50	mA
C_I	Input Capacitance					15			15	pF
I_{OH}	High Level Output Current	READY	Vcc<5.0V			10			20	μA
			5.0V<Vcc<5.5V						300	μA
V_{IH}	High Level Input Voltage	D_0 -D_7, WE, CE, CLK		2			2			Volts
V_{IL}	Low Level Input Voltage	D_0, D_7, WE, CE, CLK				.8			.8	Volts
R_M	Trans-Impedance Amplifier Gain			1.0	1.44	1.87	12	17	22	Volts/mA
V_{BIAS}	Audio Amplifier Input DC Bias Voltage	Pin 9 Open, All Attenuators Off		.5	.7	.9		1.5		Volts
I_{EXT}	External Audio Input	I_{EXT} as befined I_{INT}= 0		−130		+1800	−160		+15	μA
2dB	Attenuation			1	2	3	1	2	3	dB
4dB	Attenuation			3	4	5	3	4	5	dB
8dB	Attenuation			6	7	8	7	8	9	dB
16dB	Attenuation			11.5	12.5	13.5	15	16	17	dB

Swithing Characteristics, V_{CC}=5V, T_A=25℃

PARAMETER	TEST CONDITIONS	MIN	TYP	MAX	UNITS
*$\overline{CE}$ to READY	C_L=225pF				
t_{PLL}, 50% to 50%	R_L=2K to V_{CC}		90	150	nS
f_{clock}, Input Clock Frequency	Clock Transition Time (10% to 90%) 10μS	DC	3.579	4	MHz
Setup Time, t_{SU}	DATA W.R.T. $\overline{WE}$	0			nS
(see DATA TRANSFER TIMING)	$\overline{CE}$ W.R.T. $\overline{WE}$	0			nS
Hold Time, t_h (see DATA TRANSFER TIMING)	DATA W.R.T. READY	0			nS

* CE pulse : 0-3V, t_{rise}≦7nS, t_{fall}≦7nS

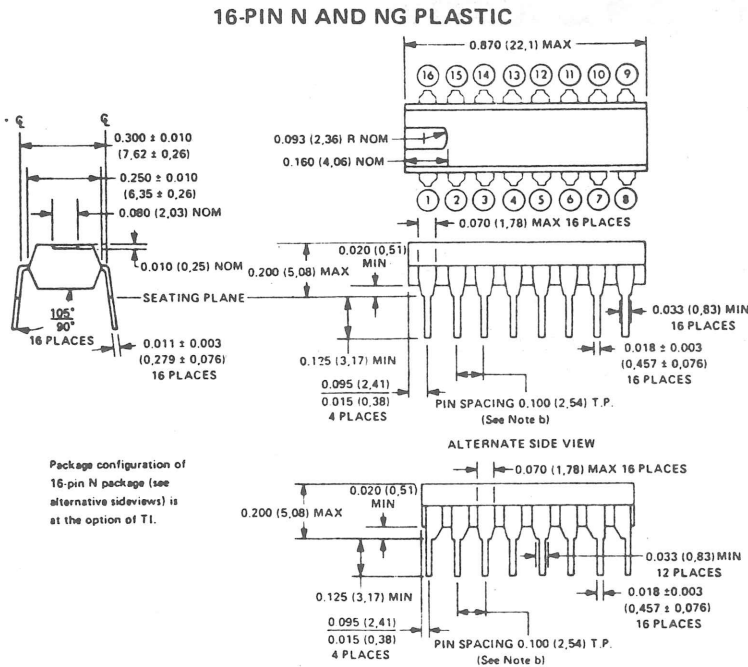
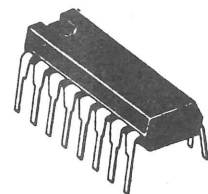
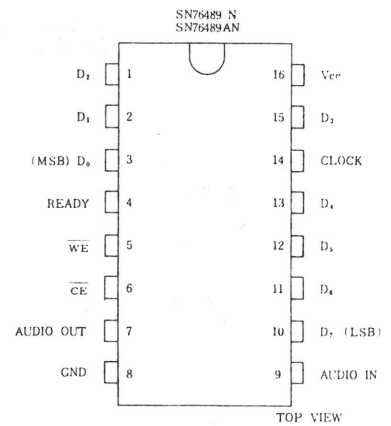
DATA TRANSFER TIMING

CE̅ READY W̅E̅ D0-D7 t_{PLL} t_{su} t_h FIRST BYTE SECOND BYTE

Recommended Operating Conditions

PARAMETER		MIN	TYP	MAX	UNITS
SUPPLY VOLTAGE	V_{CC}	45	5.0	5.5	V
HIGH LEVEL OUTPUT VOLTAGE, (pin4)	V_{OH}			5.5	V
LOW LEVEL OUTPUT CURRENT, (pin4)	I_{OL}			2	mA
OPERATING FREE-AIR TEMPERATURE,	T_A	0 0	(SN76489N) (SN76489AN)	50 70	°C

11 外　形

12 ピン配置図

Package configuration of 16-pin N package (see alternative sideviews) is at the option of TI.

日本テキサスインスツルメンツ

日本テキサス インスツルメンツ株式会社

東京都港区北青山3丁目6番12号　青山富士ビル4階　TEL 03(498)2111(代表)　〒107
大阪営業所　大阪市淀川区西中島5丁目9番2号　新大阪サンアールビル東館9階　TEL 06(302)5886(代表)　〒532
名古屋営業所　名古屋市中村区名駅4丁目10番27号　第二豊田ビル西館7階　TEL 052(583)8691～2　〒450
工　場　埼玉県・鳩ヶ谷市　大分県・日出町　茨城県・美浦村

兼松江商株式会社・兼松電子部品㈱

東京本社　TEL 03(447)4141
大阪営業所　TEL 06(222)2306

住友商事株式会社・住商機電販売㈱

東京・電子機器部　TEL 03(293)3231
大阪・電機部　TEL 06(228)1814
名古屋・電機部　TEL 052(963)2452

テキサス インスツルメンツアジア リミテッド
電子機器部品事業部

東京本社　TEL 03(403)7511
大阪営業所　TEL 06(302)5880/9
名古屋営業所　TEL 052(583)8694
長野営業所　TEL 0262(35)2102
金沢営業所　TEL 0762(23)5471
福岡営業所　TEL 092(714)5891

日製産業株式会社・㈱日製エレクトロニクス

東京・電子機器一部　TEL 03(438)2441

松下電器貿易株式会社・松貿電子部品販売㈱

東京本社　TEL 03(208)9811
大阪営業所　TEL 06(386)3501
名古屋営業所　TEL 052(932)2251
松本営業所　TEL 0263(27)2377

丸文株式会社

東京・電子部品部　TEL 03(662)8151
大阪・営業第三課　TEL 06(252)1811
名古屋・営業第一課　TEL 052(781)1121
神戸支店　TEL 078(331)4266
丸文金沢㈱　TEL 0762(43)4366

三井物産株式会社・三井物産電子販売㈱

東京・電子部品営業室　TEL 03(502)2271
大阪営業所　TEL 06(533)2024

SCJ 1059

Printed in Japan